



**Method of calculating a target voltage for a piezoelectric element**

**Patent number:** EP1311004  
**Publication date:** 2003-05-14  
**Inventor:** RUEGER JOERG (AT); SCHULZ UDO (DE)  
**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)  
**Classification:**  
- **International:** H01L41/04  
- **European:** F02D41/20P  
**Application number:** EP20020021151 20020924  
**Priority number(s):** DE20011055389 20011110

Also published as:

 US2003111934 (A1)  
 DE10155389 (A1)

**Abstract of EP1311004**

A multiplier (30) uses a temperature (16) for a piezoelectric element (10) to adjust a voltage set-point (14). An adjusted voltage set-point (28) to be calculated is formed from a voltage set-point (14) through multiplication with an adjustment value/multiplier (24) and/or through addition with an adjustment value/summand. The multiplier/summand are formed from specific data for the piezoelectric element and for tolerances in an injector.

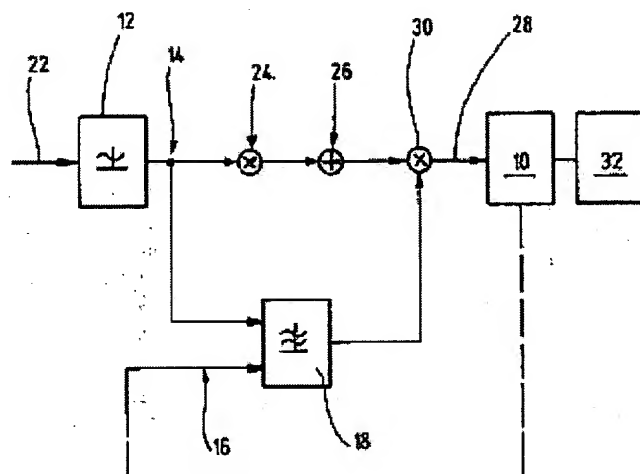


Fig.2

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**14.05.2003 Patentblatt 2003/20**

(51) Int Cl.7: **H01L 41/04**

(21) Anmeldenummer: **02021151.2**

(22) Anmeldetag: **24.09.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR**  
**IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR**  
 Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**  
**70442 Stuttgart (DE)**

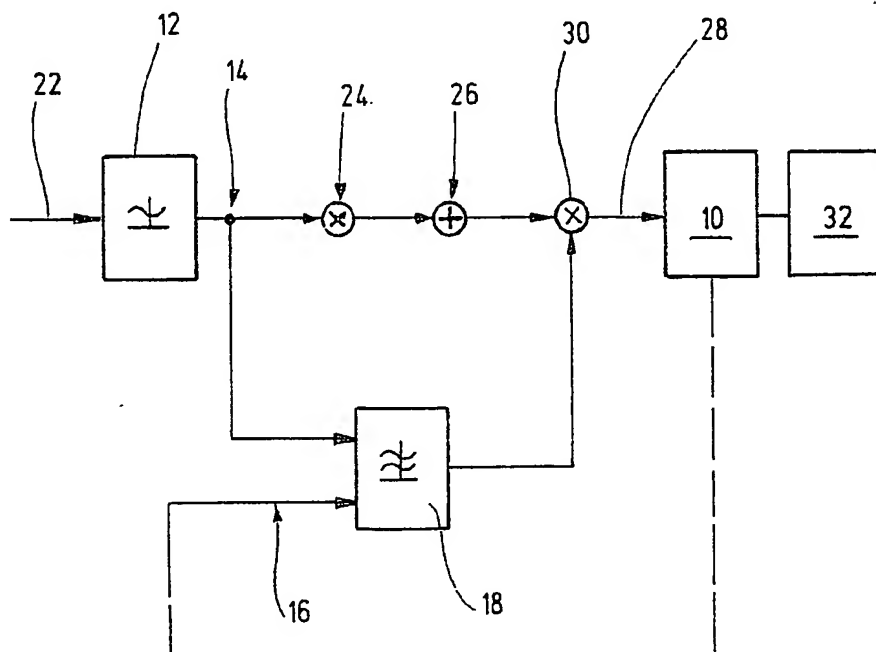
(72) Erfinder:  
 • **Rueger, Joerg**  
**1130 Wien (AT)**  
 • **Schulz, Udo**  
**71665 Vaihingen/Enz (DE)**

(30) Priorität: **10.11.2001 DE 10155389**

(54) **Verfahren zur Spannungssollwertberechnung eines piezoelektrischen Elementes**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Spannungssollwertberechnung eines piezoelektrischen Elementes als Funktion eines Rail-Druckes, wobei ein Spannungssollwert mittels eines Multiplikators in Abhängigkeit einer Temperatur des piezoelektrischen Elementes korrigiert wird.

Es ist vorgesehen, dass der zu berechnende korrigierte Spannungssollwert (28) aus dem Spannungssollwert (14) durch Multiplikation mit mindestens einem Korrekturwert (Multiplikator (24)) und/oder durch Addition mit mindestens einem Korrekturwert (Summand (26)) gebildet wird.



**Fig.2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Spannungssollwertberechnung eines piezoelektrischen Elementes als Funktion des Rail-Druckes mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Merkmalen.

### Stand der Technik

**[0002]** Piezoelektrische Elemente kommen unter anderem bei Kraftstoffeinspritzdüsen für Brennkraftmaschinen zum Einsatz. Für bestimmte Anwendungsfälle ist es erforderlich, beispielsweise wenn das piezoelektrische Element als Aktor in einem Kraftstoffeinspritzsystem verwendet wird, dass das piezoelektrische Element möglichst genau auf verschiedene, gegebenenfalls auch variierende Ausdehnungen des piezoelektrischen Elementes durch eine direkte oder indirekte Übertragung auf ein Steuerventil der Verlagerung eines Stellgliedes, wie beispielsweise einer Düsennadel. Die Verlagerung der Düsennadel hat die Freigabe von Einspritzlöchern zur Folge. Die Dauer der Freigabe der Einspritzlöcher entspricht, in Abhängigkeit eines freien Querschnittes der Löcher und eines anliegenden Druckes, einer gewünschten Einspritzmenge.

**[0003]** Dabei wird die Übertragung der Ausdehnung des piezoelektrischen Elementes auf das Steuerventil in zwei grundlegende Übertragungsarten unterschieden. In der ersten, direkten Übertragungsart wird die Düsennadel, direkt vom piezoelektrischen Element, über einen hydraulischen Koppler bewegt. In der zweiten Übertragungsart wird die Bewegung der Düsennadel durch ein Steuerventil gesteuert, das über einen hydraulischen Koppler, vom piezoelektrischen Element ausgehend, angesteuert wird. Der hydraulische Koppler hat im Wesentlichen zwei Eigenschaften, erstens die Verstärkung des Hubes des piezoelektrischen Elementes und zweitens die Entkopplung der Bewegung von Steuerventil und/oder Düsennadel einer statischen Temperaturdehnung des piezoelektrischen Elementes.

**[0004]** Innerhalb des Steuerventils herrscht ein hoher Druck, der in einer Druckkammer, auch als Rail bezeichnet, von beispielsweise einer Hochdruckkraftstoffpumpe erzeugt wird. Der von dieser Hochdruckkraftstoffpumpe erzeugte Druck wird als Rail-Druck bezeichnet. Um das Steuerventil korrekt zu positionieren und damit eine gewünschte Einspritzung zu realisieren, ist ein Ansteuerspannungssollwert für das piezoelektrische Element erforderlich, der jedoch stark Raildruck abhängig gebildet wird. Dieser Spannungssollwert wird zusätzlich mittels eines Multiplikators in Abhängigkeit einer Temperatur des piezoelektrischen Elementes korrigiert.

**[0005]** Bei diesem Verfahren ist jedoch nachteilig, dass die ermittelte Ansteuerspannungskennlinie nicht für alle piezoelektrischen Elemente und für alle Injektoren gleichermaßen gilt. Die Gründe für die hierbei auftretenden Abweichungen liegen erstens in den Streuun-

gen des Hubvermögens der piezoelektrischen Elemente und zweitens in den mechanischen Toleranzen der Komponenten der Injektoren. Die Berechnung des Spannungssollwertes zur Ermittlung der Ansteuerspannungskennlinie ist mit dem bisherigen Verfahren aufgrund von nicht in Betracht gezogenen spezifischen Korrekturwerten der piezoelektrischen Elemente und/oder der Injektoren nicht möglich.

### 10 Vorteile der Erfindung

**[0006]** Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Berechnung des Spannungssollwertes liegt darin, dass der zu berechnende korrigierte Spannungssollwert aus dem Spannungssollwert durch Multiplikation mit mindestens einem Korrekturwert (Multiplikator) und/oder durch Addition mit mindestens einem Korrekturwert (Summand) gebildet wird. Dabei beinhalten der Multiplikator und/oder der Summand die spezifischen Daten des piezoelektrischen Elementes und des Injektors. Dadurch wird vorteilhaft eine Anpassung der Ansteuerkennlinien in Abhängigkeit vom Rail-Druck, der Temperatur des piezoelektrischen Elementes, der Spezifika des zum Einsatz kommenden piezoelektrischen Elementes und der spezifischen Daten des Injektors möglich. Damit können Toleranzen innerhalb der Ansteuerspannungskennlinien drastisch reduziert werden und das Verfahren kann über Datenzuführung innerhalb einer Motorsteuerung individuell, beispielsweise bei einem Fahrzeughersteller, abgestimmt mit den zum Einsatz kommenden piezoelektrischen Elementen und Injektoren erfolgen. Dieses Verfahren ist somit auch für Großserien praktikabel.

### 35 Zeichnungen

**[0007]** Die Erfindung wird nachfolgend in einem Ausführungsbeispiel anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

40 **Figur 1** ein Blockschaltbild einer Sollwertberechnung mit Korrektur eines Spannungssollwertes in Abhängigkeit eines Rail-Druckes und einer Temperatur eines piezoelektrischen Elementes und

45 **Figur 2** ein Blockschaltbild zur Sollwertberechnung mit Korrektur des Spannungssollwertes in Abhängigkeit vom Rail-Druck, der Temperatur des piezoelektrischen Elementes und der Korrektur des Spannungssollwertes mittels spezifischer Daten aus dem piezoelektrischen Element und einem Injektor.

### 55 Beschreibung des Ausführungsbeispiels

**[0008]** Figur 1 zeigt in einem Blockschaltbild ein Verfahren zur Sollwertberechnung mit Korrektur einer Soll-

Ansteuerspannung 14 in Abhängigkeit vom Rail-Druck 22 und in Abhängigkeit einer Temperatur 16 des piezoelektrischen Elementes 10. Für die bisher eingesetzten piezoelektrischen Elemente 10 und die in den bekannten Einspritzsystemen verwendeten Injektoren 32 werden Ansteuerspannungskennlinien 12 in Abhängigkeit vom Rail-Druck 22 ermittelt. Dabei werden sowohl Ansteuerspannungskennlinien 12 ermittelt, bei denen ein Steuerventil nach Auslenkung durch das piezoelektrische Element 10 gegen den Rail-Druck 22 arbeitet, als auch Ansteuerspannungskennlinien 12, bei denen nach Rückführung der Auslenkung des piezoelektrischen Elementes 10 das Steuerventil mit dem Rail-Druck 22 bewegt wird. Diese ermittelten Ansteuerspannungskennlinien 12 ergeben jeweils die Soll-Ansteuerspannungen 14. Da das piezoelektrische Element 10 eine statische Temperaturdehnung aufweist, wird in Abhängigkeit von der Temperatur 16 des piezoelektrischen Elementes 10 eine Korrektur vorgenommen, bei der die Ansteuerspannungskennlinien 18 - Temperatur-korrigiert - ermittelt werden. Aus den Ansteuerspannungskennlinien 12 und den Ansteuerspannungskennlinien 18 ergibt sich ein Korrekturwert, Multiplikator 30, mit dem die Soll-Ansteuerspannungen 14 korrigiert werden. Daraus ergeben sich die Soll-Ansteuerspannungen 20 - Temperatur-korrigiert - mit der das piezoelektrische Element 10 und nachfolgend der Injektor 32 angesteuert wird.

[0009] Figur 2 zeigt erfindungsgemäß ein Blockschaltbild des Verfahrens zur Sollwertberechnung mit Korrektur des Spannungssollwertes 14 in Abhängigkeit vom Rail-Druck 22, der Temperatur 16 des piezoelektrischen Elementes 10, wie zuvor in Figur 1 beschrieben, und eines spezifischen Korrekturwertes 24 des piezoelektrischen Elementes 10 und eines spezifischen Korrekturwertes 26 des Injektors 32. Es werden wiederum jeweils Ansteuerspannungskennlinien 12 für piezoelektrische Elemente 10 ermittelt, die mit beziehungsweise gegen den Rail-Druck 22 arbeiten. Zur Ermittlung der Ansteuerspannungskennlinien 12 wird die Raildruck-Abhängigkeit beachtet und zur Ermittlung der Ansteuerspannungskennlinien 18 wird die statische Temperatur-Abhängigkeit des piezoelektrischen Elementes 10 einbezogen. Diese ermittelten Ansteuerspannungskennlinien 12 und 18 führen - wie zuvor beschrieben - zu dem multiplikativen Korrekturwert 30. In Weiterführung zu Figur 1 wird zusätzlich die Soll-Ansteuerspannung 14 mittels eines Multiplikators als Korrekturwert 24 verändert, der die spezifischen Daten eines speziellen piezoelektrischen Elementes 10 enthält. Zusätzlich wird ein Korrekturwert 26 hinzu addiert, der die Injektor-spezifischen Daten eines speziellen Injektors 32 enthält.

[0010] Nach Korrektur der Raildruck-abhängigen Soll-Ansteuerspannungen 14 mit dem Korrekturwert 24 durch Multiplikation, dem Korrekturwert 26 durch Addition und abschließender Korrektur durch weitere Multiplikation mit dem Korrekturwert 30 ergibt sich die korrigierte Soll-Ansteuerspannung 28, mit der das piezo-

elektrische Element 10 angesteuert wird.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Spannungssollwertberechnung eines piezoelektrischen Elementes (10) als Funktion eines Rail-Druckes (22), wobei ein Spannungssollwert (14) mittels eines Multiplikators (30) in Abhängigkeit einer Temperatur (16) des piezoelektrischen Elementes (10) korrigiert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zu berechnende korrigierte Spannungssollwert (28) aus dem Spannungssollwert (14) durch Multiplikation mit mindestens einem Korrekturwert (Multiplikator (24)) und/oder durch Addition mit mindestens einem Korrekturwert (Summand (26)) gebildet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Multiplikator (24) und/oder der Summand (26) aus den spezifischen Daten des piezoelektrischen Elementes (10) gebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Multiplikator (24) und/oder der Summand (26) aus den spezifischen Daten der Toleranzen eines Injektors (32) gebildet wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Korrektur der Soll-Ansteuerspannung (14) mittels des Multiplikators (24) und/oder des Summanden (26) vor der Korrektur durch einen weiteren Korrekturwert (Multiplikator (30)) der Temperatur (16) des piezoelektrischen Elementes (10) vorgenommen wird.

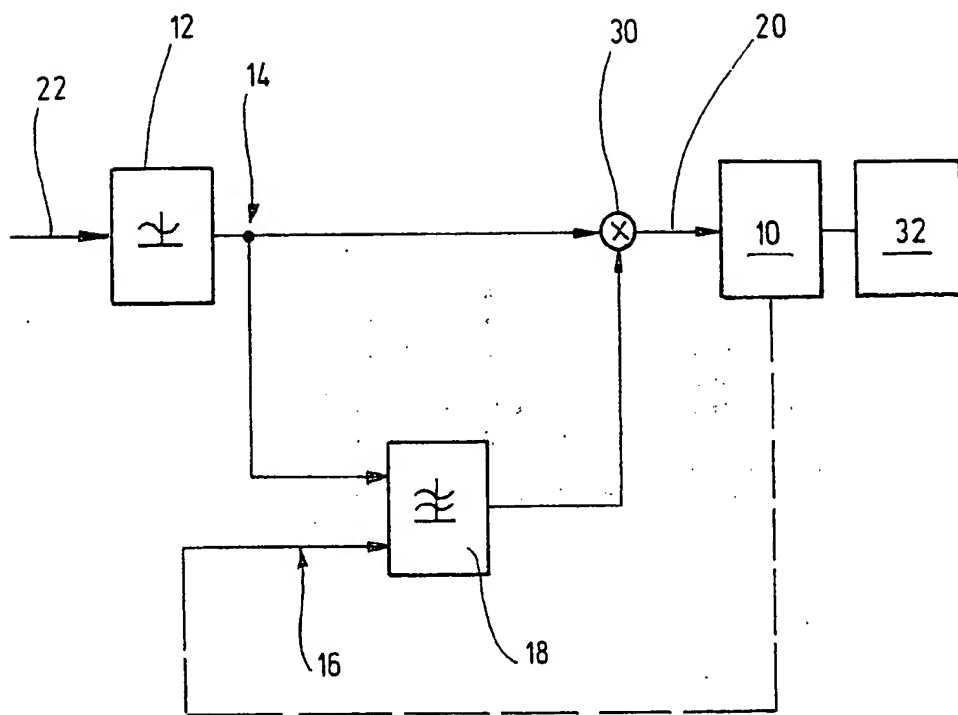


Fig.1

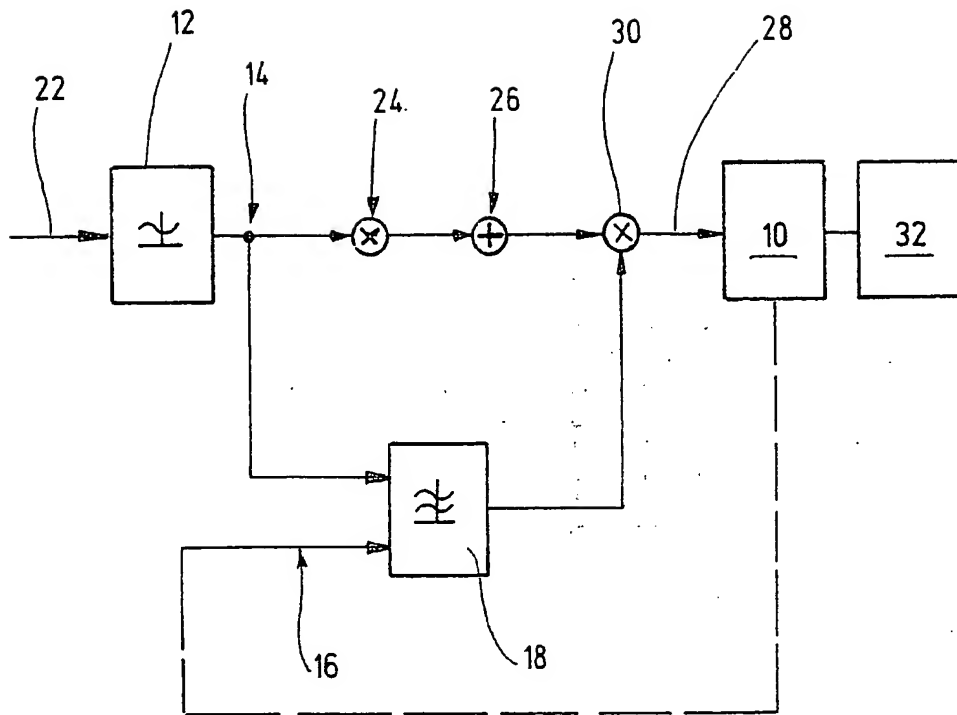


Fig.2